

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **89119481.3**

51 Int. Cl.⁵: **G01L 1/24, G01D 5/26,
G01B 11/16**

22 Anmeldetag: **20.10.89**

30 Priorität: **23.01.89 DE 3901845**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.08.90 Patentblatt 90/31

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB IT LI NL SE

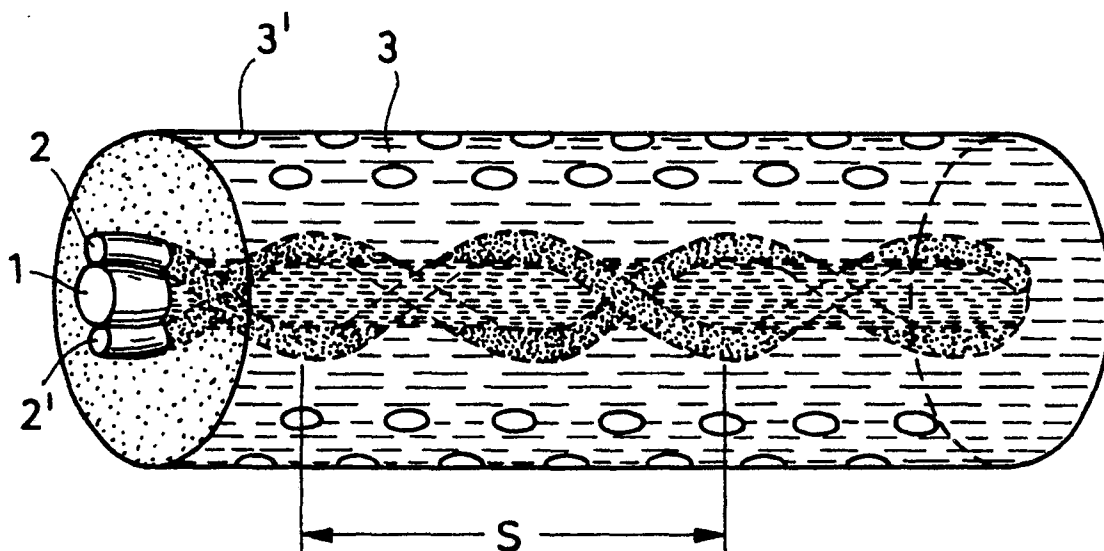
71 Anmelder: **Felten & Guilleaume
Energietechnik GmbH
Schanzenstrasse 24
D-5000 Köln 80(DE)**

72 Erfinder: **Lessing, Rainer, Dr.
Am Berg 21
D-5226 Reichshof(DE)**

54 **Lichtwellenleiter-Sensor für kleine Zug- oder Druckkräfte.**

57 Es ist bereits ein LWL-Sensor für Zugkräfte bekannt, bei dem um den LWL mindestens eine Wendel eines Metalldrahtes oder eines Glasfadens gewickelt, und darum eine drahtförmige zugfeste Umhüllung aus glasfaserverstärktem Kunststoff aufgebracht ist. Das Zusammenspiel der Parameter LWL-Draht-Umhüllung ist diffizil und schwer reproduzierbar, so daß die Herstellung eines solchen Sensors aufwendig ist. Daher besteht die Aufgabe, den LWL-Sensor so auszubilden, daß seine Herstellung vereinfacht, aber auch seine Meßempfindlichkeit erhöht

wird. Die Lösung besteht im wesentlichen darin, daß um den LWL (1) mehrere Wendeln, vorzugsweise zwei Wendeln (2, 2') aus Stahldraht, im Kreuzschlag gewickelt sind. Diese Sensorseele übernimmt die Sensorfunktion fast allein, so daß die Umhüllung (3) dazu kaum beiträgt und sie gemäß den anderen Anforderungen ausgebildet sein kann. Ein solcher LWL-Sensor dient vorwiegend als höher empfindlicher Dehnungssensor zur Überwachung von Bauwerken und Bauteilen. Hierzu die einzige Fig..



EP 0 379 650 A1

Lichtwellenleiter-Sensor für kleine Zug- oder Druckkräfte

Die Erfindung betrifft einen Lichtwellenleiter-(LWL-)Sensor für kleine Zug- oder Druckkräfte nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Er dient als hochempfindlicher Dehnungs- oder Kontaktsensor.

Ein LWL-Sensor für Zugkräfte mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 ist in der DE-OS 35 26 966 beschrieben. Hier ist um den LWL mindestens eine Wendel eines Metalldrahtes, vorzugsweise ein Stahldraht von 0,08 mm Stärke, oder eines Glasfadens gewickelt, und darum ist eine zugfeste Umhüllung aufgebracht. Diese ist aus glasfaserverstärktem Kunststoff und drahtförmig mit einem Außendurchmesser von etwa 2 mm.

Zu der Ausbildung der Wendeln sind zahlreiche Angaben gemacht, so über Durchmesser und Schlaglänge, und nebenbei auch, daß mehrere Wendeln im Parallel- oder Kreuzschlag um den primärbeschichteten LWL gewickelt werden können. - Zur Umhüllung sind verschiedene Materialien angegeben, vorzugsweise faserverstärkte Kunstharze (Duroplaste) wie Polyesterharz mit unidirektional orientierten Glasfasern, aber auch Thermoplaste.

Dieser LWL-Sensor für Zugkräfte ist empfindlicher als der in der älteren DE-PS 33 05 234 beschriebene Sensor, bei dem um den LWL eine Wendel aus harzdurchtränkten Glasfasern gewickelt, oder eine durch den Zusatz von körnigem Glas- oder Kroundpulver inhomogene Kunststoffschicht aufgebracht ist. Hier ist auch die Anwendung eines solchen Sensors zur Überwachung von Betonbauwerken, wie einer Spannbeton-Brücke, beschrieben: Der LWL-Sensor befindet sich in dem mäanderartig eingelegten Spanndraht der Brücke, und die Meßenden des LWL sind mit einem Licht-Durchgangsprüfgerät (Dämpfungsmeßgerät) verbunden, das eine laufende mechanische Überwachung der Brücke ermöglicht.

Solche LWL-Sensoren lassen sich unschwer von Zug- in Drucksensoren umbilden.

So ist in der DE-OS 36 28 083 eine Bodenplatte aus Balken mit eingelegten LWL-Drucksensoren beschrieben, bei denen die inhomogene Schicht zwischen LWL und Umhüllung eine Metalldrahtwendel ist. Diese Bodenplatte wird in Gebäuden oder im Freien zum Objektschutz in den Boden eingelegt.

Und in der DE-PatAnm P 38 09 957.8 ist ein LWL-Drucksensor beschrieben, bei dem die inhomogene Schicht zwischen LWL und Umhüllung (Schutzmantel) wie die obenerwähnte körnige Kunststoffschicht ausgebildet ist. Dieser Sensor bewirkt eine Signalgabe oder das Auslösen von Schutzmaßnahmen bereits bei Kräften von etwa 1

N, und er wird vorwiegend als Kontaktsensor in der Sicherheitstechnik als Einklemm-, Berührungs- oder Überfahrerschutz eingesetzt.

Von den eingangs (in der DE-OS 35 26 966) beschriebenen LWL-Zugsensoren ist bisher nur die Ausführungsform mit einer Wendel im praktischen Betrieb. Dabei ergab sich an einem Sensor ohne Umhüllung (Sensorseele), bestehend aus einem primärbeschichteten Multimode-LWL (\varnothing außen ca. 175 μm , Gradientenfaser 50/125) mit einem aufgesaiten Stahldraht (\varnothing ca. 90 μm) folgendes:

Beim Aufbringen einer axial wirkenden Kraft wird dieser Sensor gedehnt, wobei der Stahldraht in den LWL eingeschnürt wird und diesem durch den Microbendingeffekt lichtdämpfende Eigenschaften mitteilt. Der Dämpfungsanstieg ist linear mit der Dehnung, solange der Microbendingeffekt wirksam ist. In aller Regel ist dies bei einer Dehnung des Sensors bis 0,3 % der Fall. Aber bei größerer Dehnung lagert sich dieser Sensor so um, daß schließlich der Stahldraht gerade gespannt und nun der LWL um ihn gewickelt ist. Spätestens ab diesem Dehnungszustand ändert sich die Dämpfung des Sensors nicht mehr.

Eine Linearisierung der Dämpfung wird durch die Umhüllung des Sensors mit faserverstärktem Kunststoff erreicht. Bei geeigneter Wahl der Parameter für LWL, Draht und Umhüllung gelingt die Herstellung eines Dehnungssensors mit linearem Dämpfungs-Dehnungsverhalten bis über 1,5 % Dehnung. Hierbei werden Werte von 0,2 bis 1,5 dB Dämpfung je cm Dehnung erreicht.

Das Zusammenspiel der Parameter LWL-Draht-Umhüllung ist diffizil und schwer reproduzierbar. Dies macht die Herstellung eines solchen Dehnungssensors aufwendig, zeitraubend und teuer.

Daher liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, den LWL-Sensor so auszubilden, daß in erster Linie seine Herstellung vereinfacht, daneben aber auch seine Meßempfindlichkeit erhöht wird.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt im wesentlichen durch die Auswahl der günstigsten Ausführungsform aus den in der DE-OS 35 26 966 angegebenen Möglichkeiten, und sie ist mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 angegeben. Sie besteht im wesentlichen darin, daß um den LWL mehrere Wendeln, vorzugsweise zwei Wendeln aus Stahldraht, im Kreuzschlag gewickelt sind. Einzelheiten sind in den Unteransprüchen angegeben, wovon die Ansprüche 2 bis 4 die Ausbildung der Wendeln, und 5 bis 7 die Ausbildung der Umhüllung betreffen.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen darin, daß die obenerwähnten Mängel bei der Sensorherstellung behoben sind und die Sensor-

empfindlichkeit erheblich erhöht ist. Nunmehr wird die Funktion des Sensors fast allein von der Senseseele (LWL und darum zwei Wendeln im Kreuzschlag) ausgeübt, und die spätere Umhüllung mit Faserverbundwerkstoff ändert die optischen Sensoreigenschaften kaum mehr und dient lediglich der Erhöhung der mechanischen Stabilität.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben. Die Figur zeigt einen LWL-Sensor mit einer Umhüllung aus Faserverbundwerkstoff, bei dem auf den LWL zwei Stahldrahtwendeln im Kreuzschlag gewickelt sind.

Bezeichnet sind mit:

1 Multimode-LWL 50/125 primärbeschichtet, \varnothing außen 175 μ m

2 Stahldraht, \varnothing 90 μ m

2' ebensolcher Stahldraht, im Kreuzschlag gegen den ersten Draht

3 Umhüllung aus glasfaserverstärktem Polyesterharz

3' strukturierte Oberfläche der Umhüllung

S Wendelschlaglänge.

Der im Kreuzschlag zum ersten Draht 2 auf den LWL 1 gewickelte zweite Draht 2' verhindert bei größerer Dehnung die oben erwähnte Umlagerung des LWL und fixiert ihn in seiner ursprünglichen Lage (der Sensorlängsachse) auch bei großer Dehnung.

Beide Drähte können in einem Arbeitsgang mit Kreuzschlag (Gegenschlag) und sonst gleichen Parametern (Schlaglänge, Abzugskräfte) um den in der Mitte laufenden LWL verseilt werden. Es kann aber auch der zweite Draht nachträglich aufgebracht werden. Eine bevorzugte Umhüllung besteht aus einem hochfesten Faserverbundwerkstoff, bei dem unidirektional ausgerichtete Glasfasern mit Polyesterharz verbunden sind.

Bei einem solchen Sensor ist nicht nur das Dämpfungs-Dehnungsdiagramm zu größerer Dehnung hin linearisiert, sondern es ist auch die Sensorempfindlichkeit erheblich erhöht. Lag diese bisher bestenfalls bei 1,5 bis 2 dB Dämpfung je cm Dehnung, werden nun ohne jeden weiteren mechanischen Verstärkungsmechanismus Werte bis 6 dB/cm erreicht. Dies rührt insbesondere von den Kräften her, die von den Stahldraht-Kreuzungsstellen auf den LWL einwirken.

Paßt man die Periodizität dieser Kreuzungspunkte durch geeignete Wahl der Wendelschlaglängen an die sogenannte Pitchlänge der Gradientenfaser (d. h. die doppelte Linsenbrennweite der durch die Gradientenfaser simulierten Sammellinsenfolge) an, so steigt die Sensorempfindlichkeit auf Werte über 10 dB/cm. In diesem Fall muß allerdings die Abzugskraft der Stahldrähte soweit reduziert werden, daß keine zu hohe Grunddämpfung des Sensors entsteht.

Die hohe Querdruckempfindlichkeit dieses Dehnungssensors kann dazu benutzt werden, ihn als empfindlichen Kontaktsensor zu verwenden. Wird er in Bereiche appliziert, wo Querdrücke (z. B. durch das Gewicht eines Menschen) auftreten, so ist leicht eine opto-elektronisch vorgegebene Schwelle überschreitbar. In diesem Fall erzeugt der Sensor eine einstellbare Kontaktanzeige, die außerordentlich empfindlich reagiert. In Reihe geschaltete Schwellen können zur Kontaktselektion herangezogen werden.

Ansprüche

1. Lichtwellenleiter-(LWL-)Sensor für kleine Zug- oder Druckkräfte in Drahtform mit folgendem Aufbau von innen nach außen:

- primärbeschichteter LWL (1),
- darum gewickelt mindestens eine Wendel (2) eines Metalldrahtes oder Glasfadens, wobei der Durchmesser des Wendeldrahtes bzw. -fadens (2) kleiner als der des primärbeschichteten LWL (1) ist,

- und darum eine Umhüllung aus einer faserverstärkten Kunststoffstruktur (3),

wobei die längslaufenden, zugfesten Fasern in eine Matrix aus einem Duroplast (Kunstharz) oder Thermoplast eingebettet sind,

dadurch gekennzeichnet,

- daß mehrere, vorzugsweise zwei, Wendeln (2, 2') im Kreuzschlag um den LWL (1) gewickelt sind.

wobei die Schlaglänge (S) jeder Wendel größer als das 2,2-fache des Durchmessers des primärbeschichteten LWL (1) ist.

2. LWL-Sensor nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Aufbau Merkmale:

- primärbeschichteter Multimode-LWL (Gradientenfaser) (1) mit einem Außendurchmesser zwischen 0,1 und 0,3 mm, vorzugsweise 0,15 mm,

- darum gewickelt zwei Stahldrähte (2, 2') mit einem Durchmesser zwischen 0,06 und 0,12 mm, vorzugsweise 0,09 mm,

im Kreuzschlag mit einer Schlaglänge (S) zwischen 8 und 12 mm, vorzugsweise 10 mm.

3. LWL-Sensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Wendelschlaglänge (S) der Pitchlänge der Gradientenfaser (1), das ist die doppelte Linsenbrennweite der durch die Gradientenfaser simulierten Sammellinsenfolge, im Verhältnis $n : 1$ mit $n = 3, 4, 5 \dots > 10$ entspricht.

4. LWL-Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlaglänge (S) der Wendeln (2, 2') voneinander verschieden ist.

5. LWL-Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Verwendung als Dehnungssensor in Betonbauwerken sei-

ne Umhüllung (3) aus einem hochfesten Faserverbundwerkstoff besteht, bei dem unidirektional orientierte Glasfasern mit Polyesterharz verbunden sind, oder daß sie aus einem Thermoplast besteht.

6. LWL-Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Verwendung als Kontaktsensor seine Umhüllung (3) aus einem Thermoplast besteht, in den nur wenige oder keine Verstärkungsfasern eingebettet sind.

7. LWL-Sensor nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche der Umhüllung (3) zur besseren Einbettung in das zu überwachende Bauteil eine eingeprägte Struktur hat.

15

20

25

30

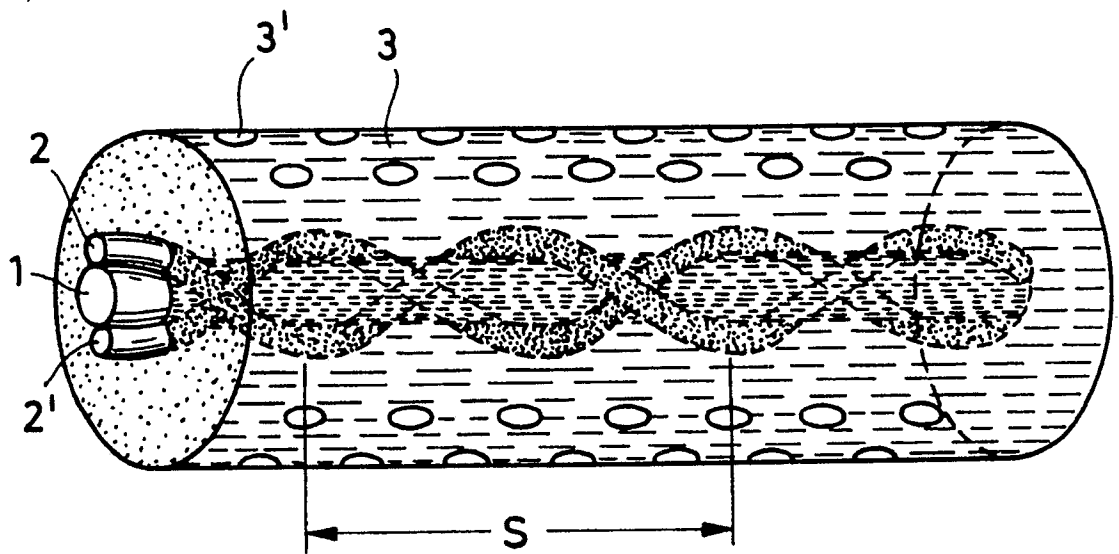
35

40

45

50

55





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
Y,D	DE-A-3 526 966 (FELTEN & GUILLEAUME ENERGIETECHNIK GMBH) * Zusammenfassung, Seite 7, Absatz 2; ANsprüche 1-6; Figur 1 *	1	G 01 L 1/24 G 01 D 5/26 G 01 B 11/16
A,D	---	2	
Y	GB-A-2 188 719 (STC PLC) * Zusammenfassung; Seite 2, Zeilen 40-55; Figur 3 *	1	
A	WO-A-8 600 988 (TELEFONAKTIEBOLAGET L.M. ERICSSON) * Zusammenfassung; Figuren 2,3 * -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			G 01 B G 01 D G 01 L G 02 B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort BERLIN		Abschlußdatum der Recherche 02-04-1990	Prüfer VORROPOULOS G
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	